

PERUBAHAN KADAR AIR DAN PATI UBI JALAR (*Ipomea batatas* L.) SEGAR PADA SISTEM PENYIMPANAN SEDERHANA

¹Maftuh Kafiya¹, ²Sutrisno², ²Rizal Syarief²

¹Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB

²Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB

Email: kafiya_08@yahoo.com

(Diterima 20-06-2016; Disetujui 25-10-2016)

ABSTRAK

Penyimpanan ubi jalar di daerah infrastruktur terbatas yang mengutamakan kesederhanaan teknologi dan kemurahan biaya diupayakan dengan menggunakan bahan-bahan lokal yang tersedia seperti pasir, jerami dan serbuk gergaji. Selama penyimpanan, kandungan nutrisi di dalam ubi jalar berpotensi mengalami perubahan, khususnya kandungan air dan pati sehingga memengaruhi mutu ubi jalar. Umur simpan ubi jalar ditandai dengan pembusukan, berupa penurunan mutu dan tanda-tanda penyakit yang disebabkan oleh mikroorganisme. Penelitian ini bertujuan melakukan identifikasi dan analisis teknologi terbaik dengan memperhatikan perubahan kadar air dan pati serta penyakit yang menjadi penentu perubahan mutu ubi jalar. Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap dengan 4 taraf perlakuan penyimpanan yaitu di dalam tanah dengan alas tumpukan pasir-jerami (P1), di dalam tanah dengan alas tumpukan plastik-jerami (P2), di dalam kotak kayu dengan taburan serbuk gergaji (P3) dan di ruang gudang dengan alas terpal (P4). Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode penyimpanan memberikan pengaruh terhadap suhu dan RH ruang penyimpanan dengan nilai masing-masing adalah 28,72 °C dan 78,55% (P1), 28,85 °C dan 78,51% (P2), 29,54 °C dan 73,15% (P3), serta 29,61 °C dan 68,07% (P4). Kadar air dan pati mengalami penurunan selama penyimpanan pada semua perlakuan hingga akhir penyimpanan dengan kadar terendah pada perlakuan P4 yang masing-masing sebesar 58,96 dan 11,35%. Sedangkan penyakit yang dapat diidentifikasi pada penelitian ini adalah busuk *Fusarium* pada penyimpanan P4 dan penyakit *java black rot* pada penyimpanan P2. Berdasarkan metode pendugaan umur simpan, maka penyimpanan di dalam tanah dengan alas tumpukan pasir-jerami (P1) merupakan metode terbaik dengan umur simpan diduga mencapai 35 hari.

Kata kunci: ubi jalar, penyimpanan sederhana, umur simpan

ABSTRACT

Maftuh Kafiya, Sutrisno, Rizal Syarief. 2016. Extra Quality Sweet Potato (*Ipomea batatas* L.) Fresh on the System Rural Scale Storage

Sweet potato storage in areas with limited infrastructure which focuses on a simple and low-cost technology is conducted by using local materials, such as sand, straw, and sawdust. During the storage period, sweetpotato's nutrition content will potentially deteriorate, particularly in moisture and starch content. This will eventually affect the quality of sweetpotato. The shelf life of sweetpotato is marked by the spoilage in the form of quality deterioration and some noticeable signs of diseases, most of which are induced by microorganism. This study aimed to study the best technology to evaluate quality change, diseases and shelf life of sweetpotato. The experimental design used was completely randomized design of 4 factors by using various storage ways, i.e. underground storage with sand-straw (P1), underground storage with plastic-straw (P2), inside a wooden box with sprinkling of sawdust (P3), and inside a warehouse with a tarpoulin mat (P4). The results showed that the storage treatments influenced the temperature and RH in a storage room with the values as follows: 28.72 °C and 78.55% (P1), 28.85 °C and 78.51% (P2), 29.54 and 73.15 °C % (P3), and 29.61 °C and 68.07% (P4). Moisture and starch contents in sweet potato significantly decreased until the end of storage in which the lowest levels were found in P4 treatment, 58.96 % water content and 11.35 % starch. Postharvest diseases found in sweet potato during research were *Fusarium* rot (P4) and *java black rot* (P2). In conclusion, underground storage with sand-straw (P1) was selected as the best method to minimize rate of decreasing moisture and starch contents in sweetpotato with the longest storage period estimated of 35 days.

Keywords: sweetpotato, easy storage, shelflife

PENDAHULUAN

Umbi-umbian merupakan salah satu komoditi lokal yang mempunyai peranan penting dalam memenuhi ketersediaan pangan karena kandungan karbohidratnya yang cukup tinggi mampu menggantikan peranan beras yang selama ini menjadi sumber karbohidrat utama bagi masyarakat Indonesia. Ubi jalar (*Ipomea batatas* L.) memiliki kandungan kalori sekitar 123 kal/ 100 g yang dapat memberikan rasa kenyang dalam jumlah relatif sedikit, selain itu memiliki keragaman zat gizi seperti antosianin dan β -karoten yang berfungsi sebagai antioksidan dalam tubuh.

Kejadian kelaparan pada tahun 2013 di daerah Papua Barat menunjukkan rentannya ketersediaan bahan pangan pokok di daerah tersebut. Kejadian ini terulang kembali pada tahun 2015, di kabupaten Nduga, Papua yang disebabkan oleh adanya hujan es yang menyelimuti sebagian lahan pertanian masyarakat di sana, sehingga tanaman ubi jalar yang menjadi makanan pokok mereka, tidak bisa dipanen karena telah membusuk dan mati. Pemanenan ubi jalar di daerah tersebut biasanya dilakukan sedikit demi sedikit sesuai dengan kebutuhan petani. Namun ketika terjadi cuaca ekstrim, maka seharusnya petani memanennya secara serentak untuk menghindari kerusakan. Ketika dipanen serentak inilah perlu adanya penyimpanan yang baik sehingga cadangan makanan tetap tersedia walau terjadi cuaca ekstrim seperti kemarau panjang atau banjir terus menerus. Hal inilah yang menjadi peran utama penyimpanan yaitu menjamin pasokan bahan pangan untuk masa depan dan mengatur persediaan bahan pangan dalam menghadapi paceklik.

Penyimpanan sederhana masih banyak dilakukan di beberapa daerah di negara berkembang yang lebih mengutamakan kesederhanaan teknologi dan kemurahan biaya. Salah satunya adalah penyimpanan di dalam tanah dengan menggunakan beberapa media yang mudah didapatkan di pedesaan seperti serbuk gergaji, pasir, jerami dan lain-lain untuk menciptakan kondisi lingkungan penyimpanan yang optimal^{1,2}. Penyimpanan ubi jalar di dalam tanah dengan jerami dan pasir serta di dalam gedung dengan taburan serbuk gergaji yang ketiganya mampu menahan kerusakan ubi jalar minimal 1 bulan penyimpanan². Sedangkan penyimpanan di dalam tanah dengan alas tumpukan plastik-jerami memberikan laju penurunan susut bobot sebesar 0,31% per hari yang mampu mempertahankan umur simpan hingga 1 bulan penyimpanan³.

Selama penyimpanan, kandungan nutrisi di dalam ubi jalar berpotensi mengalami perubahan, khususnya kandungan pati dan air karena keduanya digunakan dan

dihasilkan pada proses respirasi. Pati akan dirombak menjadi molekul yang lebih kecil (gula) untuk mendapatkan energi yang diperlukan dalam proses respirasi. Sedangkan air merupakan hasil proses respirasi yang akan digunakan untuk proses metabolisme ubi jalar selanjutnya. Makin lama waktu penyimpanan, maka rasa ubi makin manis, namun penyimpanan yang lama dapat menyebabkan ubi keriput karena proses transpirasi⁴. Selain perubahan nutrisi, perubahan mutu akibat adanya serangan mikroorganisme pada ubi jalar juga terjadi dengan ditandai oleh gejala penyakit seperti busuk, berair, lunak maupun berjamur.

Perubahan mutu tersebut merupakan akibat dari adanya reaksi yang terjadi di dalamnya, dan sebagian besar reaksi ini dapat dikaji menggunakan pendekatan kinetika. Komoditas pangan tergolong bahan yang tidak homogen, artinya terdapat perbedaan konsentrasi di dalam seluruh jaringannya, sehingga perlu dilakukan studi laju reaksi di dalam bahan pangan⁵. Penelitian ini bertujuan melakukan identifikasi dan analisis teknologi terbaik dengan memperhatikan perubahan kadar air dan pati serta penyakit yang terdapat pada ubi jalar pada berbagai bentuk penyimpanan sederhana. Serta menentukan umur simpan ubi jalar pada sistem penyimpanan sederhana yang terbaik.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan alat

Bahan utama yang digunakan adalah ubi jalar putih varietas Manohara dengan umur panen 5 bulan setelah tanam. Ubi didapatkan dari Kabupaten Majalengka dengan ukuran berat 200-300g per buah. Media tumpukan berupa pasir cimangkok dengan ukuran partikel 2 mm, jerami utuh yang diperoleh dari sawah, serbuk gergaji, dan plastik. Pada pasir dan jerami dijemur terlebih dahulu selama 3 hari dengan masing-masing kadar air akhir sebesar 4,7% dan 7%, sedangkan serbuk gergaji yang digunakan berkadar air 13,14%. Alat yang digunakan antara lain *environmental meter* KW06-281, timbangan analitik, oven, spektrofotometer UV-Vis Genesys, *autoclaf*, *magnetic stirrer*, pompa vakum, vortex dan mikropipet.

Tempat dan waktu penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Agustus-Desember 2015 pada 3 laboratorium yaitu Laboratorium Siswadi Soepardjo, Laboratorium Teknik Pengolahan Pangan dan Hasil Pertanian (TPPHP), Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem IPB dan Laboratorium Biokimia, Departemen Ilmu Teknologi Pangan IPB.

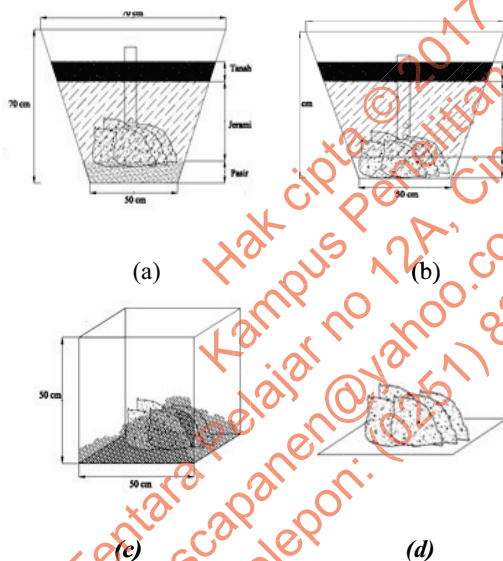
Metode penelitian

Penyiapan bahan

Ubi jalar yang telah dipanen disortasi, yaitu diseleksi ubi dengan ukuran 200-300 g yang baik dan sehat, tidak berbau asing, tidak cacat dan busuk, bebas dari hama dan penyakit yang ditunjukkan dengan tidak ditemukan tanda-tanda penyakit seperti lubang, bercak hitam, keriput dan sebagainya pada kulit umbi. Kemudian ubi jalar diberi perlakuan curing selama 4 hari dengan cara menghamparkannya di ruangan pada suhu yaitu 30°C.

Penyimpanan

Ubi jalar disimpan selama 28 hari pada 4 ruang penyimpanan yaitu penyimpanan di dalam tanah dengan alas tumpukan pasir-jerami (P1), di dalam tanah dengan alas tumpukan plastik-jerami (P2), di dalam kotak kayu dengan taburan serbuk gergaji (P3), dan di dalam gudang dengan alas plastik terpal (P4). Masing-masing ruang penyimpanan diisi dengan 6 kg ubi jalar. Desain ruang penyimpanan ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. (a) Penyimpanan di dalam tanah alas tumpukan pasir-jerami (P1); (b) Penyimpanan di dalam tanah alas tumpukan plastik-jerami (P2); (c) Penyimpanan di dalam kotak taburan serbuk gergaji (P3); (d) Penyimpanan di dalam ruang dengan alas plastik terpal (P4)

Figure 1. Underground storage with sand-straw (P1); underground storage with plastic-straw (P2); wooden box with sprinkling of sawdust (P3); and a warehouse with tarpoulin mat (P4)

Pengamatan dilakukan terhadap kondisi lingkungan ruang penyimpanan (suhu dan kelembaban) dan ubi jalar (kadar air, kadar pati dan identifikasi penyakit) pada masing-masing ruang penyimpanan. Suhu dan kelembaban udara ruang penyimpanan diamati secara berkala yaitu dua kali dalam satu minggu pada pagi, siang dan malam hari. Kadar air dan pati diukur setiap minggu, sedangkan pengamatan penyakit dilakukan pada akhir penyimpanan.

Kadar air dianalisis menggunakan metode gravimetri, dimana 5 g sampel dikeringkan di dalam oven pada suhu 105°C sampai beratnya konstan, kemudian menggunakan Persamaan (1) untuk menghitung kadar air basis basah (KA wb)⁶.

Analisis kadar pati menggunakan metode fenol sulfat dimana perhitungan kadar pati didapatkan dari analisis total glukosa terlebih dahulu⁷. Sebanyak 1 g ubi jalar yang telah ditumbuk halus, dilarutkan ke dalam 100 ml etanol 95% dan dihomogenkan dengan magnetic stirrer, yang kemudian suspensi pati disaring terlebih dahulu. Residu pati yang telah didapatkan, didiamkan semalam di dalam desikator dan kemudian ditimbang. Sebanyak 40 mg pati kering yang telah dihaluskan, ditambahkan dengan 20 ml aquades dan dimasukkan ke dalam autoklaf dengan suhu 105 °C selama 1 jam, kemudian diencerkan 40 kali. Analisis sampel sebanyak 0,5 ml dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan ditambahkan 0,5 ml fenol 5% serta 2,5 ml larutan H₂SO₄ pekat. Larutan sampel didiamkan 10 menit di dalam suhu ruang, diaduk dengan vortex dan didiamkan kembali selama 20 menit sebelum diukur nilai absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 490 nm. Nilai absorbansi yang terbaca kemudian dimasukkan ke dalam persamaan linear pada kurva standar yang telah diperoleh. Perhitungan kadar pati basis basah dapat menggunakan Persamaan (2).

Cara yang sama dilakukan pada pembuatan kurva standar dimana larutan glukosa murni (0,5 ml) yang masing-masing mengandung 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 dan 80 µg larutan glukosa, ditempatkan ke dalam tabung reaksi dan dianalisis sampelnya hingga mendapatkan nilai absorbansinya. Nilai absorbansi tersebut kemudian dibuat persamaan dari kurva standar larutan glukosa dengan konsentrasi larutan glukosa sebagai sumbu x dan absorbansinya sebagai sumbu y.

$$\%Ka(wb) = \frac{(\text{Berat sampel} - \text{Berat sampel kering})}{(\text{Berat sampel})} \times 100\% \quad (1)$$

$$\%pati = \frac{(\text{Total Glukosa } (\%))}{(\text{berat sampel})} \times 0,9 \times 100 / (100 - Ka) \quad (2)$$

Identifikasi penyakit pada bahan pangan dilakukan dengan metode diagnosis penyakit yakni merupakan proses identifikasi penyakit melalui gejala dan tanda-tanda penyakit yang khas, termasuk faktor-faktor lain yang berhubungan dengan proses pembentukan penyakit tersebut⁸.

Laju reaksi pada sebagian komoditi pangan tergolong dalam reaksi orde satu seperti ditunjukkan pada Persamaan 3, dimana $d[C]$ merupakan perubahan konsentrasi dan dt adalah waktu, sedangkan k adalah konstanta laju reaksi. Simbol operasi negatif (-) di depan gradien merupakan tanda bahwa konsentrasi $[C]$ menurun selama proses berlangsung.

$$(d[C])/dt = -k \times [C] \quad (3)$$

Gradien garis ($-k$) yang merupakan nilai konstanta laju perubahan konsentrasi didapat dengan membuat grafik hubungan $\ln Ct/Co$ terhadap waktu penyimpanan pada Persamaan 5, sedangkan untuk memprediksi nilai konsentrasi kandungan sesaat $[Ct]$ dalam bahan selama penyimpanan digunakan Persamaan 6.

$$\int (d[C])/([C]) = \int -k dt \quad (4)$$

$$\ln([Ct])/([Co]) = -k t \quad (5)$$

$$[Ct] = e^{(-k \cdot t)} \times [Co] \quad (6)$$

Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 3 kali ulangan. Perlakuan yang digunakan yaitu ruangan penyimpanan dengan 4 taraf perlakuan yaitu penyimpanan dalam tanah pasir-jerami (P1), penyimpanan dalam tanah plastik-jerami (P2), penyimpanan dalam kotak kayu dengan taburan serbuk gergaji (P3) dan penyimpanan di ruang dengan alas plastik terpal (P4). Model linear dari rancangan acak lengkap dapat dilihat pada Persamaan (7).

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij} \quad (7)$$

$$i = 1, 2, 3, 4; j = 1, 2, 3$$

Dimana

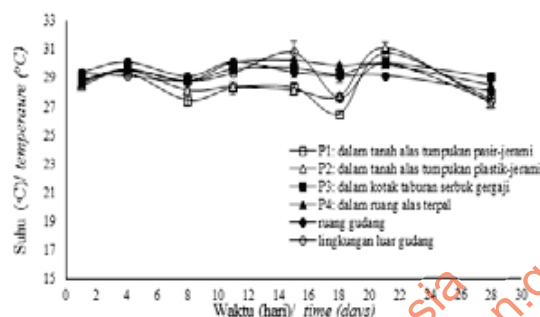
Y_{ij} : parameter pengamatan pada perlakuan taraf ke- i dari ruangan penyimpanan dan ulangan ke- j

μ : rata-rata umum

α_i : pengaruh taraf ke- i dari ruangan penyimpanan

ϵ_{ij} : pengaruh acak (galat) pada perlakuan taraf ke- i dari ruangan penyimpanan dan ulangan ke- j

Data yang diperoleh kemudian dilakukan analisis sidik ragam pada tingkat kepercayaan 95%. Jika terdapat pengaruh perlakuan, maka akan dilakukan uji lanjut Duncan Multiple Range Test (DMRT).



Gambar 2 Grafik suhu selama penyimpanan

Figure 2 Graph of temperature during storage

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Lingkungan Ruang Penyimpanan

Suhu dan kelembaban udara adalah faktor lingkungan yang paling penting pada ruang penyimpanan karena hal tersebut mempengaruhi laju kehilangan air pada produk pangan⁹. Penelitian ini dilakukan pada musim kemarau dengan waktu penyinaran matahari lebih lama daripada musim hujan. Dengan demikian suhu udara cenderung relatif tinggi dan kelembaban udaranya lebih rendah daripada musim hujan. Curing yang dilakukan setelah pemanenan dari lahan pada suhu 30 °C bertujuan agar permukaan kulit yang terluka atau tergores dapat tertutup kembali sehingga mencegah kehilangan air dan invasi mikroorganisme pembusuk^{10,11}. Setelah itu dilakukan penyimpanan pada ruang penyimpanan yang telah disiapkan yaitu P1, P2, P3 dan P4 dengan masing-masing rerata suhu penyimpanan adalah 28,72 °C, 28,85 °C, 29,54 °C dan 29,61 °C yang ditampilkan pada Gambar 2.

Suhu di dalam tanah lebih rendah dari suhu udara di lingkungan yaitu 29,17°C, hal ini disebabkan oleh pengaruh keberadaan jerami sebagai bahan organik yang mampu mengurangi jumlah radiasi matahari yang diserap oleh tanah. Bahan organik mampu mengurangi fluktuasi suhu tanah karena penggunaan mulsa dan berbagai macam naungan dapat mengurangi hilangnya energi dari tanah akibat radiasi dan hilangnya air melalui evaporasi^{12,13}, akibatnya kondisi ruang penyimpanan menjadi kering dan dingin¹.

Analisis sidik ragam pada Tabel 1 memperlihatkan bahwa terdapat pengaruh metode penyimpanan terhadap suhu udara ruang penyimpanan, kemudian uji lanjut pada Tabel 2 memperlihatkan bahwa suhu udara pada P1 tidak berbeda nyata terhadap P2 akan tetapi berbeda nyata terhadap P3 dan P4. Hal ini menunjukkan bahwa ruang penyimpanan di dalam tanah mampu mengkondisikan suhu ruang penyimpanan lebih rendah dan stabil daripada lingkungan luar dengan rerata suhu 29,17°C. Khususnya pada pasir-jerami terbukti pula bahwa mampu menekan suhu menjadi lebih rendah dari pada lingkungan luar.

Tabel 1. Uji sidik ragam suhu udara selama penyimpanan

Table 1. Test variance of temperature during storage

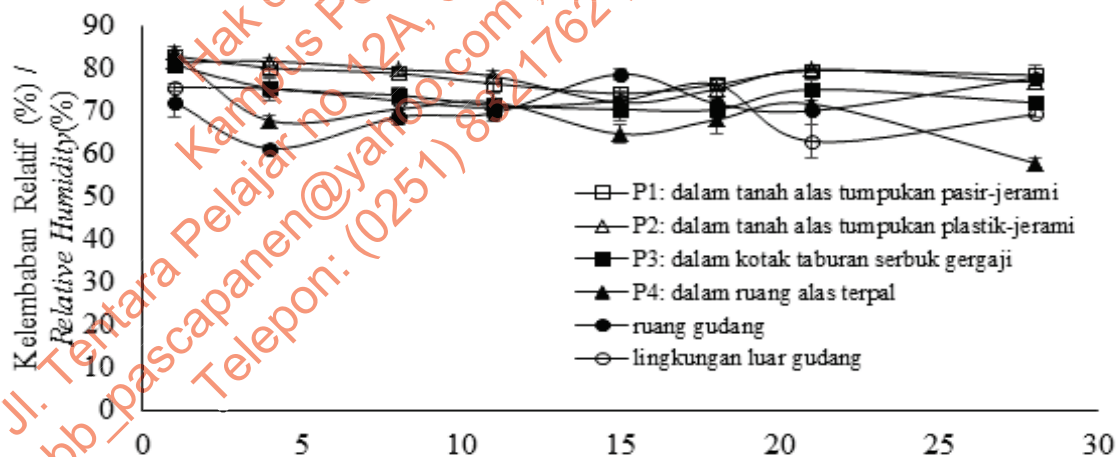
Sumber keragaman/Source	Jumlah kuadrat/ Sum of square	Derajat bebas/df	Kuadrat tengah/ mean of square	Fhitung/ Fvalue	Sig/ Sig
Perlakuan/Treatment	58.575	5	11.715	71.490	0.000
Hari/Days	129.511	8	16.189	98.792	0.000
Jam/Hours	588.384	2	294.192	1.795E3	0.000
Perlakuan*Hari/Treatment*Days	98.703	40	2.468	15.058	0.000
Hari*Jam/Days*Hours	209.899	16	13.119	80.056	0.000
Galat/Error	53.093	324			
Total/Total	416854.460	486			

Keterangan/remarks:berbeda nyata pada taraf 0.05/significant at 5 % level

Tabel 2. Uji Duncan suhu dan kelembaban udara selama penyimpanan

Table 2. Duncan analysis of temperature during storage

Perlakuan/ Treatment	N	Subset			
		1	2	3	4
P1	81	28.7235			
P2	81		28.8506		
P3	81				29.5395
P4	81				29.6111
Ruang gudang/ Warehouse	81				29.5086
Lingkungan luar gudang/ Environment warehouse	81			29.1667	
Sig		1.000	1.000	1.000	0.130



Gambar 3 Grafik kelembaban relatif selama penyimpanan

Figure 3 Graph of relative humidity during storage

Perubahan Kadar Air dan Pati Ubi Jalar (*Ipomea batatas* L.) Segar pada Sistem Penyimpanan Sederhana (Maftuh Kafiya et al)

Tabel 3. Uji sidik ragam kelembaban udara selama penyimpanan

Table 3. Test variance of temperature during storage

Sumber keragaman/Source	Jumlah kuadrat/Sum of square	Derajat bebas/df	Kuadrat tengah/ mean of square	Fhitung/ F Value	Sig/Sig
Perlakuan/Treatment	6421.069	5	1284.214	149.199	0.000
Hari/Days	2689.321	8	336.165	29.056	0.000
Jam/Hours	2108.923	2	1054.462	122.507	0.000
Perlakuan*Hari/ Treatment*Days	8508.543	40	212.714	24.713	0.000
Hari*Jam/Days*Hours	1998.138	16	124.884	14.509	0.000
Galat/Galat	27887.787	324			
Total/Total	2699758.500	486			

Keterangan/Remarks: berbeda nyata pada taraf 0,05/ significant at 5 % level

Tabel 4. Uji Duncan kelembaban udara selama penyimpanan

Table 4. Duncan analysis of temperature during storage

Perlakuan/ Treatment	N	Subset			
		1	2	3	4
P1	81				78.5469
P2	81				78.5099
P3	81		73.1519	73.1519	
P4	81	68.0741			
Ruang gudang/Warehouse	81			73.5457	
Lingkungan luar gudang/ Environment warehouse	81		72.5049		
Sig/Sig		1.000	0.161	0.394	0.936

Tabel 5. Kadar air (%bb) selama penyimpanan

Table 5. Moisture content (%wb) during storage

Hari/days	P1	P2	P3	P4
0	65,71±2,58 ^a	65,71±2,58 ^a	65,71±2,58 ^a	65,71±2,58 ^a
7	64,30±1,23 ^a	62,95±1,32 ^a	62,56±1,65 ^a	62,44±2,12 ^a
14	62,98±1,27 ^b	63,69±1,98 ^b	63,43±1,13 ^b	59,02±1,39 ^a
21	62,18±1,14 ^a	61,02±1,36 ^a	62,80±0,96 ^a	61,91±0,31 ^a
28	61,50±1,63 ^b	61,36±2,73 ^b	59,71±0,99 ^{ab}	58,95±1,57 ^a

Keterangan/Remarks: P1: dalam tanah alas tumpukan pasir-jerami, P2: dalam tanah alas tumpukan plastik-jerami, P3: dalam kotak taburan serbuk gergaji, P4: dalam ruang alas terpal/ P1: underground storage with sand-straw, P2: underground storage with plastic-straw, P3: inside a wooden box with sprinkling of sawdust, P4: inside a warehouse with a tarpoulin mat.

Kelembaban udara selama penyimpanan ditampilkan pada Gambar 4 dengan rerata kelembaban udara pada P1 (78,55%) dan P2 (78,51%) lebih besar daripada di dalam gudang yaitu P3 (73,15%) dan P4 (68,07%). Hasil uji sidik ragam (Tabel 3) juga memperlihatkan bahwa metode penyimpanan memberikan pengaruh terhadap RH ruangan penyimpanan. Kemudian dilakukan uji lanjut (Tabel 4) yang hasilnya memperlihatkan bahwa RH pada P1 dan P2 tidak berbeda nyata, akan tetapi keduanya berbeda nyata terhadap P3 dan P4. Artinya bahwa P1 dan P2 yang menggunakan jerami sebagai mulsa mampu menjaga kelembaban udara di dalam ruang penyimpanan.

Kadar Air

Air dalam bahan pangan mempunyai peranan yang besar yaitu sebagai pelarut selama proses metabolisme. Selain itu, kandungan air mencerminkan kesegaran dari bahan pangan karena umumnya selama proses penyimpanan kadar air dalam bahan pangan mengalami penurunan sehingga secara bertahap mengalami pelayuan dan pengkerutan². Hal ini dialami pula pada penyimpanan ubi jalar seperti ditunjukkan pada Tabel 5.

Kadar air awal ubi jalar sebesar 65,71% menurun hingga akhir penyimpanan berturut-turut untuk perlakuan P4, P3, P2, P1 adalah 58,96, 59,71, 61,36 dan 61,5%. Berdasarkan hasil analisis sidik ragam dan uji lanjut,

Tabel 6. Kadar pati (%bb) selama penyimpanan

Table 6. Starch content (%wb)during storage

Hari/days	P1	P2	P3	P4
0	41,34±3,78 ^a	41,34±3,78 ^a	41,34±3,78 ^a	41,34±3,78 ^a
7	35,10±0,62 ^b	32,76±2,26 ^{ab}	30,72±6,15 ^{ab}	26,33±4,19 ^a
14	33,76±2,29 ^b	29,34±2,79 ^{ab}	25,63±5,01 ^a	28,02±1,01 ^{ab}
21	27,63±3,48 ^a	25,52±2,92 ^a	22,93±3,15 ^a	24,90±0,88 ^a
28	20,95±1,38 ^c	18,15±0,28 ^b	21,37±1,20 ^c	11,35±1,77 ^a

P1: dalam tanah alas tumpukan pasir-jerami, P2: dalam tanah alas tumpukan plastik-jerami, P3: dalam kotak taburan serbuk gergaji, P4: dalam ruang alas terpal/ P1: underground storage with sand-straw, P2: underground storage with plastic-straw, P3: inside a wooden box with sprinkling of sawdust, P4: inside a warehouse with a tarpoulin mat.

metode penyimpanan memberikan pengaruh terhadap kadar air ubi jalar namun tidak memberikan perbedaan yang nyata antara P1, P2 dan P3, tetapi menunjukkan perbedaan nyata terhadap P4. Akhir penyimpanan, kadar air pada P4 memiliki kandungan paling rendah dibandingkan metode penyimpanan lainnya. Kondisi penyimpanan pada P4 sangat mendukung terjadinya perpindahan uap air dari bahan ke lingkungan karena suhu penyimpanan lebih tinggi dari ruang penyimpanan lainnya. Semakin tinggi suhu maka semakin besar kemampuan ruang lingkungan menerima uap air dari produk¹³. Syarat kadar air pada SNI 01-4493-1998 Ubi jalar mutu I (berat umbi >200 g) adalah 60%¹⁴, sehingga untuk P3 dan P4 pada akhir penyimpanan sudah tidak memenuhi standar untuk dikonsumsi.

Kadar Pati

Tanaman ubi jalar menyimpan karbohidrat dalam umbi untuk persediaan energi yang digunakan untuk menjalankan aktivitas metabolismenya. Pati yang merupakan salah satu bentuk karbohidrat adalah komponen utama ubi jalar yang tersimpan dalam bentuk butiran putih kecil^{15,16}. Aktivitas respirasi pada ubi jalar mengakibatkan pati terhidrolisis sehingga semakin lama disimpan akan semakin berkurang kandungan patinya. Penurunan kadar pati ubi jalar selama penyimpanan ditampilkan pada Tabel 2. Penurunan kadar pati diikuti dengan meningkatnya komponen non pati seperti selulosa, hemiselulosa, pektin dan lignin akibat hidrolisis¹⁷. Penurunan ini diakibatkan oleh adanya aktivitas enzim amilase yang mengubah bentuk pati menjadi gula⁴.

Rerata kadar pati ubi jalar pada awal penyimpanan cukup tinggi yaitu 41,34%, kemudian terjadi penurunan pada semua perlakuan metode penyimpanan berturut-turut untuk P1, P2, P3 dan P4 sebesar 20,95, 18,15, 21,37 dan 11,35%. Perlakuan P4 menghasilkan kadar pati yang jauh lebih rendah dari pada perlakuan lainnya, hal ini disebabkan oleh suhu di dalam ruang penyimpanan gudang yang cukup tinggi (Gambar 3). Syarat kadar pati ubi jalar pada SNI 01-4493-1998 Ubi jalar mutu I

adalah 30%¹⁴, sehingga berdasarkan standar ini, ubi jalar pada P4 hanya bisa bertahan hingga minggu pertama, P3 minggu kedua, P2 minggu kedua dan P1 minggu ketiga penyimpanan.

Gejala Penyakit

Ubi jalar pada P4 ditemukan telah terjadi kerusakan akibat mikrobia jenis kapang yang dapat dilihat pada Gambar 5a dengan gejala yaitu layu (kering) pada kedua ujung umbi, keriput pada permukaan umbi, kulit sangat lunak, warna pada permukaan umbi berubah menjadi sedikit gelap dan terdapat miselium putih di permukaan kulit dan mengeras pada bagian tersebut. Berdasarkan gejala tersebut, maka dapat didiagnosis sebagai penyakit busuk *Fusarium* yang disebabkan oleh kapang *Fusarium spp*¹⁸.

Ubi jalar yang disimpan pada perlakuan P2 telah ditemukan gejala penyakit seperti ditampilkan pada Gambar 5b berupa busuk lunak pada ujung umbi dan perubahan kulit menjadi lebih gelap pada akhir penyimpanan. Pembusukan diikuti dengan perubahan warna menjadi cokelat gelap kemudian beralih ke abu gelap atau hitam solid¹⁹. Kondisi ini termasuk dalam gejala penyakit java black rot yang disebabkan oleh kapang *Botryodiplodia theobromae* yang memiliki masa pertumbuhan 3-5 minggu. Suhu optimum pertumbuhan kapang ini adalah 25-35°C dengan RH 85-90%²⁰, sehingga sangat sesuai dengan kondisi penyimpanan P2 yang bersuhu 28,85°C.

Keberadaan kapang pada umbi juga mampu mereduksi nilai nutrisi dan nilai jualnya serta mengakibatkan produksi mikotoksin yang merupakan metabolit sekunder dan diproduksi oleh kapang, yang bersifat toksik sehingga bisa menimbulkan kematian bagi yang mengkonsumsinya^{8,21,22,23,24}. Hal tersebut disebabkan aktivitas enzim yang dihasilkan oleh kapang yang mampu merusak jaringan dinding sel seperti amilosa dan selulosa yang terjadi dalam waktu kurang dari 4 minggu^{8,16,25,26}. Kapang jenis *Ceratocytis fimbriata* atau *Fusarium solani* dapat memproduksi senyawa beracun²⁷. Beberapa



Gambar 4. (a) Tanda penyakit busuk Fusarium pada P4 (dalam ruang alas terpal); (b) Tanda penyakit java black rot pada P2 (dalam tanah alas tumpukan plastik-jerami)

Figure 4(a) Fusarium soft rot in P4 (inside a warehouse with a tarpoulin mat); (b) Java black rot in P2 (underground storage with plastic-straw)

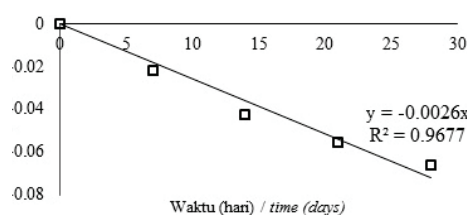
literatur menyatakan bahwa senyawa racun phytoalexin ipomeamarone yang ditemukan pada ubi jalar akibat dari adanya kapang *Ceratocystis fimbriata*^{27,28,29}, namun dihasilkan juga oleh kapang *Rhizopus stolonifer*²³. Senyawa beracun tersebut adalah ipomeamarone, dehydroipomeamarone, 4-ipomeanol dan 1,4 ipomeadol yang dapat menimbulkan beberapa gangguan atau penyakit pada pernapasan, paru-paru, hilangnya nafsu makan hingga kematian pada ternak¹⁸. Senyawa tersebut dihasilkan dari metabolisme abnormal ubi jalar akibat kerusakan kapang, dimana senyawa *ipomeamarone* yang menyebabkan rasa pahit pada ubi jalar ini juga bersifat hepatotoksik. Akumulasi *ipomeamarone* pada bagian yang sehat pada penyimpanan ubi jalar yang rusak harus dihindari karena berdampak pada stabilitas ekonomi dan ancaman kesehatan bagi tubuh manusia, sehingga penanganan selama penyimpanan harus diperhatikan secara serius.

Pendugaan Umur Simpan

Penurunan kandungan nutrisi dapat dijadikan indikator keberadaan kapang karena kapang tersebut menjadikan nutrisi sebagai sumber energi untuk metabolisme pertumbuhannya. Sistem penyimpanan skala pedesaan dengan suhu berkisar 28,72°C-29,61°C dan RH 68,07%-78,55% akan memungkinkan tumbuhnya kapang. Selain itu, perubahan kadar air akan mempengaruhi kandungan nutrisi yang lain yang ada di dalam bahan serta berpengaruh terhadap kesegaran dan rasa ubi jalar. Aktivitas mikrobia yang mengakibatkan kebusukan hanya akan berlangsung jika terdapat cukup air di dalam bahan. Oleh sebab itu kadar air merupakan parameter kritis penyimpanan yang dapat digunakan untuk menduga umur simpan ubi jalar.

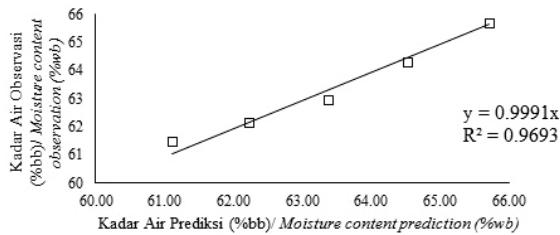
Pendugaan umur simpan ubi jalar dilakukan terhadap perlakuan yang terbaik berdasarkan pengamatan kandungan nutrisi dan identifikasi penyakitnya. Berdasarkan hal tersebut maka perlakuan P1 yaitu penyimpanan di dalam tanah dengan alas tumpukan pasir-jerami merupakan perlakuan yang terbaik, dimana nilai kandungan nutrisi hingga akhir penyimpanan cukup baik serta tidak ditemukan penyakit pada ubi jalar. Hal ini juga dialami di Nigeria, kerusakan pada penyimpanan di dalam tanah dengan dilapisi pasir di dalamnya pada 1 bulan pertama penyimpanan sebesar 6,33% lebih rendah daripada yang disimpan di dalam kotak kayu dengan taburan serbuk gergaji².

Persamaan (5) yang merupakan persamaan linear untuk mendapatkan nilai konstanta laju penurunan kadar air selama penyimpanan, dibuat grafik dengan $\ln [Ct]/[Co]$ sebagai ordinat dan t sebagai absis seperti pada Gambar 6. Dari regresi linear grafik tersebut didapatkan gradien garis yang merupakan konstanta laju penurunan kadar air (k) sebesar 0,0026, dimana nilai R^2 sebesar 0,9677, yang berarti model baik untuk digunakan. Konstanta yang telah didapatkan kemudian dimasukkan ke dalam Persamaan (6) dan menghasilkan model persamaan pendugaan kadar air, yaitu $KA_{prediksi} = e^{-0,0026t} \times KA_{awal}$. Model persamaan yang diperoleh kemudian dilakukan validasi dengan nilai pengukuran dan hasilnya disajikan pada Gambar 7, dimana nilai R^2 sebesar 0,97, yang berarti model amat baik untuk digunakan. Kadar air tinggi mempengaruhi peningkatan aktivitas enzim yang berdampak pada peningkatan kecepatan kerusakan produk pangan¹⁷, sehingga batas kadar air yang aman dan dapat diterima SNI 01-4493-1998 Ubi jalar adalah 60%¹⁴. Berdasarkan nilai prediksi kadar air menggunakan model persamaan tersebut, maka umur simpan yang aman agar tidak mengalami kerusakan adalah 35 hari. Umur simpan ini telah baik dibandingkan dengan penyimpanan ruang tanpa perlakuan pada suhu 29°C yang dapat memunculkan kerusakan akibat serangan mikrobia khususnya kapang pada minggu ke-4 penyimpanan³⁰, sedangkan kerusakan akibat pertumbuhan tunas muncul pada hari ke-10 penyimpanan³¹.



Gambar 5 Grafik $\ln [Ct]/[Co]$ vs waktu (hari)

Figure 5 Graph of $\ln [Ct]/[Co]$ vs t (days)



Gambar 6 Grafik kadar air ubi jalar hasil prediksi dan observasi

Figure 6 Graph of moisture content prediction vs observation in sweetpotato

KESIMPULAN

Metode penyimpanan memberikan pengaruh terhadap kondisi lingkungan yaitu suhu dan RH ruangan pada masing-masing perlakuan adalah 28,72°C dan 78,55% (P1: dalam tanah alas tumpukan pasir-jerami), 28,85 °C dan 78,51% (P2: dalam tanah alas tumpukan plastik-jerami), 29,54 °C dan 73,15% (P3: dalam kotak taburan serbuk gergaji), serta 29,61 °C dan 68,07% (P4: dalam ruang alas terpal), dimana suhu lebih stabil bila dilakukan penyimpanan di dalam tanah dengan alas tumpukan pasir-jerami. Selama penyimpanan terjadi penurunan kadar air dan pati pada ubi jalar secara signifikan yang pada awal penyimpanan memiliki kadar masing-masing sebesar 65,71 dan 58,96%. Penyakit yang teridentifikasi pada sistem penyimpanan skala pedesaan adalah busuk akibat *Fusarium* yang ditemukan pada P4 (dalam ruang dengan alas terpal) dan java black rot yang ditemukan pada P2 (dalam tanah alas tumpukan plastik-jerami). Berdasarkan perubahan mutu dan gejala penyakit pada ubi jalar, maka sistem terbaik adalah penyimpanan dalam tanah dengan tumpukan pasir-jerami yang bisa menyimpan produk hingga 35 hari.

DAFTAR PUSTAKA

- Muntandwa E, Gadzirayi CT. Comparative assessment of indigenous methods of sweet potato preservation among smallholder farmers: case of grass, ash and soil based approaches in Zimbabwe. *J. African Studies Quarterly*. 2007; 9(3): 85-98.
- Dandago, Gungula DT. Effect of various storage methods on the quality and nutritional composition of sweet potato (*Ipomea batatas* L.) in Yola Nigeria. *International Food Research Journal*. 2011; 18: 271-278.
- Zuari E. Rekayasa penyimpanan ubi jalar (*Ipomea batatas* L.) di dalam tanah dengan variasi alas tumpukan sebagai upaya untuk mempertahankan kualitas [skripsi]. Yogyakarta: Fakultas Teknologi Pertanian UGM; 2013.
- Onggo TM. Perubahan komposisi pati dan gula dua jenis ubi jalar cilembu selama penyimpanan. *J. Bionatura*. 2006; 8(2): 161-170.
- Karel M, Lund DB. 2003. *Physical principles of food preservation* [second edition]. New York: Marcel Dekker Inc; 2003.
- AOAC. *Official Methods of Analysis* [18th edition]. Arlington, VA, USA: Association of Official Analytical Chemists; 2005.
- Dubois M, Gilles KA, Hamilton JK, Rebers PA, Smith F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*. 1956; 28 (3): 350-356.
- Sinaga MS. *Dasar-dasar ilmu penyakit tumbuhan*. Bogor : Penebar Swadaya; 2003.
- Narullita A, Waluyo S, Novita DD. Sifat fisik ubi jalar (ubi jalar Gisting Kabupaten Tanggamus dan Jati Agung Kabupaten Lampung Selatan) pada dua metode penyimpanan. *J. Teknik Pertanian Lampung*. 2013; 2(3): 133-146.
- Samad MY. Pengaruh penanganan pascapanen terhadap mutu komoditas hortikultura. *J. Sains dan Teknologi Indonesia*. 2006; 8(2): 31-36.
- Deshi SN, Wonang DL, Dafur BS. Control of rots and spoilage of agricultural products: a review. *International Letters of Natural Sciences*. 2014; 18: 63-72.
- Budhyastoro T, Sidik HT, Robert LW. 2006. Pengukuran suhu tanah. Di dalam: Undang K, Fahmuddin A, Abdurachman A, Ai D, editor. *Sifat fisik tanah dan metode analisisnya* [e-book]. Jakarta: Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian; 2006 [Diunduh tanggal 10 Maret 2016]. Tersedia di: <http://balittanah.litbang.pertanian.go.id/ind/dokumentasi/buku/buku%20sifat%20fisik%20tanah.pdf>.
- Winarno FG. *Fisiologi lepas panen produk hortikultura*. Bogor: M-Brio Pr; 2002.
- BSN. *SNI Ubi Jalar (SNI 01-4493:1998)*. Bada Standardisasi Nasional. Jakarta. 11 halaman.
- Zhang Z, Wheatley CC, Corke H. Biochemical changes during storage of sweetpotato roots differing in dry matter content. *Postharvest Biology and Technology*. 2002; 24: 317-325.
- Antonio GC, Takerti CY, Oliveira RA, Park KJ. Sweet potato: production, morphological and physicochemical characteristics, and technological process. *J. Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology*. 2011; 5(2): 1-18.
- Susilawati, Nurdjanah S, Putri S. Karakteristik sifat fisik dan kimia ubi kayu (*Manihot esculenta*) berdasarkan lokasi penanaman dan umur panen berbeda. *J. Teknologi Industri dan Hasil Pertanian*. 2008; 13(2): 59-72.
- Saremi, Okhovvat. *Fusarium species associated with*

- mycotoxin production caused animal disease in Northwest Iran. *International Journal of Biology, Pharmacy and Allied Sciences*. 2015; 2(4): 827-840.
19. Nelson S. Java black rot of Okinawan sweetpotato [internet]. 2008 [Diunduh tanggal 2 Mei 2016]. Tersedia di: <http://www.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/PD-55.pdf>
 20. Ray RC, Ravi V. Post harvest spoilage of sweetpotato in tropics and control measures. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2005; 45: 623-644.
 21. Agu KC, Nwekw GU, Awah NS, Okeke BC, Mgbemena ICC, Obigbo RN, Ngenegbo UC. Fungi associated with the post harvest loss of sweet potato. *International Journal of Research Studies in Biosciences*. 2015; 3(9): 33-38.
 22. Oladoye CO, Connerton IF, Kayode RMO, Omajasola PF dan Kayode IB. Bio-molecular characterization, identification, enzyme activities of moulds and physiological changes of sweet potato (*Ipomea batatas*) stored under controlled atmosphere. *Journal of Zhejiang University SCIENCE B (Biomedicine and Biotechnology)*. 2015. 1-18.
 23. Wamalwa LN, Cheseto X, Ouna E, Kaplan F, Maniania NK, Machuta J, Torto B, Ghislain M. Toxic ipomeamarone accumulation in healthy parts of sweetpotato (*Ipomea batatas* L.) storage roots upon infection by *Rhizopus stolonifer*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2015; 63:335-342.
 24. Oyeyipo OO. Bio-deterioration of sweet potato (*Ipomea batatas* Lam) in storage, inoculation, induced quality changes, and control by modified atmosphere. *J. Appl. Sci. Environ. Manage*. 2012; 16(2):189-193.
 25. Amienyo CA, Ataga AE. Use of indigenous plant extract for the protection of mechanically injured sweet potato [*Ipomea batatas* (L.) Lam] tubers. 2007; 2(5): 167-170.
 26. Markson AA, Omosun G, Umana EJ, Madunagu BE, Amadioha AE, Udo SE. Differential Response of *Solanum tuberosum* L. and *Ipomea batatas* L. to three rot pathogens. *International Research Journal of Natural Sciences*. 2014; 2(1): 40-51.
 27. Syarif R, Ega L, Nurwitri CC. Mikotoksin bahan pangan. Bogor: IPB Press; 2003.
 28. Schneider JA, Lee J, Naya Y, Nakanishi K, Oba K, Uritani I. 1984. The fate of the phytoalexin ipomeamarone: furanoterpenes and butenolides from *Ceratocystis fimbriata*-infected sweet potato. *Phytochemistry*; 23(4): 759-764.
 29. Martin WJ, Hasling VC, Catalano EA, Dupuy HP. 1978. Effect of sweet potato cultivars and pathogens on ipomeamarone content of diseased tissue. *Physiology and Biochemistry*; 3:863-865.
 30. Oladoye CO, Oladoye OA, Connerton IF. Isolation and identification of bacteria associated with spoilage of sweet potatoes during post harvest spoilage. *International Journal of Agricultural and Food Science*. 2013; 3(1):10-15.
 31. Pertiwi CALP. Mutu dan umur simpan ubi jalar putih (*Ipomea batatas* L.) dalam kemasan plastik pada berbagai suhu penyimpanan [skripsi]. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian IPB; 2009.

Hak Cipta © 2017 ABP Pascapanen
 Kampus Pascapanen Cimanggu, Bogor, Jawa Barat, Indonesia
 Email: bb_pascapanen@yahoo.com, kspshp@ipb.ac.id
 Jl. Tentara Pelajar no 12A, Kampus Pascapanen Cimanggu, Bogor, Jawa Barat, Indonesia
 Telepon: (0251) 8321762, Faksimili: (0251) 8350920